

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 39 19 407 A 1**

⑤① Int. Cl. 5:
F 04 B 49/02
F 04 C 29/10

②① Aktenzeichen: P 39 19 407.8
②② Anmeldetag: 14. 6. 89
④③ Offenlegungstag: 18. 1. 90

DE 39 19 407 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
14.07.88 DE 38 23 809.8

⑦① Anmelder:
ECO - AIR Drucklufttechnik GmbH, 4690 Herne, DE

⑦② Erfinder:
Linhart, Manfred, 8157 Ascholing, DE; Schiller,
Roland, 8192 Geretsried, DE; Summerer, Georg,
Dipl.-Ing., 8021 Icking, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Steuern eines Verdichters und Steuerungseinrichtung

Um den Verdichterbetrieb bei Lastschwankungen wirtschaftlicher zu gestalten, verwendet man u. a. Steuerungen, die, abhängig vom zu erwartenden Druckabfall und von der vom Motorhersteller vorgegebenen Schalzhäufigkeit des Antriebsmotors, zwischen Aussetz- und Durchlaufbetrieb entscheiden.

Nach der Erfindung werden der Druck im Druckluftnetz und die Temperatur des Antriebsmotors erfaßt, diese Signale zur Verarbeitung in einen Mikroprozessor eingespeist, von diesem verarbeitet, wobei je nach Ausführung der Steuerung zusätzlich von einem Eingabeterminal programmierte Grenzwerte und Entscheidungslogiken eingegeben werden. Die verarbeiteten Daten werden als Befehle einer Steuerung aufgegeben, die die Last/Leerlaufregelung, den Verdichterantriebsmotor und/oder den Lüftermotor schaltet.

Die Erfindung läßt sich für Verdichter, u. a. Schraubenverdichter, verwenden.

DE 39 19 407 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Verdichters, bei dem bei wechselndem Druckluftbedarf der Antriebsmotor nach Erreichen des Maximaldruckes im Druckluftnetz ausgeschaltet (Aussetzbetrieb) oder der Verdichter in den Leerlauf (Durchlaufbetrieb) geschaltet wird, und ferner eine Verdichtersteuerungseinrichtung.

Wenn ein Verdichter mehr fördert als im Augenblick verbraucht wird, steigt der Netzdruck bis zum Maximalpunkt an. Der Verdichter wird dann auf Aussetzbetrieb geschaltet, bis nach Absinken des Netzdruckes auf einen Minimalwert ein Wiederanlauf des Verdichters erforderlich wird.

Da die Schalthäufigkeit von Elektromotoren begrenzt ist, um ein Ansteigen der Motortemperatur infolge zu häufiger Einschaltungen zu vermeiden, wird der Verdichter in den Leerlaufbetrieb (Durchlaufbetrieb) geschaltet, bei dem er entlastet weiterläuft, keine Luft fördert, jedoch immerhin etwa 1/4 der Vollastleistung aufnimmt.

Um den Verdichterbetrieb bei Lastschwankungen wirtschaftlicher zu gestalten, verwendet man Steuerungen, die, abhängig vom zu erwartenden Druckabfall und von der vom Motorhersteller vorgegebenen Schalthäufigkeit des Antriebsmotors, zwischen Aussetz- und Durchlaufbetrieb entscheiden.

Es ist auch bekannt, für einen Verdichter die jeweils günstigste Betriebsart, d.h. Aussetz- oder Durchlaufbetrieb, in Abhängigkeit vom jeweiligen Luftverbrauch während des als Förderperiode bezeichneten intermittierenden Betriebszustandes durch Regeleinrichtungen selbsttätig zu wählen. Dabei wird mit einem Zeitrelais die Dauer einer Förderperiode abgetastet. Wird der Maximaldruck innerhalb der eingestellten Zeit erreicht, schaltet der Verdichter ab. Wird der Maximaldruck aber erst nach Ablauf des Zeitrelais erreicht, entspricht dies einem verhältnismäßig hohen Luftverbrauch, so daß der Verdichter dann auf Durchlaufbetrieb geschaltet wird. Dabei wird die Ansaugdrosselklappe geschlossen und die Anlage druckentlastet.

Die Wahl zwischen beiden Betriebsarten ist, wie zuvor erwähnt, von der zulässigen Schalthäufigkeit des Antriebsmotors abhängig, die beispielsweise bei 4 bis 6 Schaltungen pro Stunde liegen kann.

Die Steuerungen nach dem Stand der Technik weisen den Nachteil auf, daß bei ihnen die tatsächlichen aktuellen Motortemperaturen nicht erfaßt und ausgewertet werden, so daß der Verdichter zwangsläufig häufiger im Leerlaufbetrieb läuft als aufgrund der tatsächlichen Verhältnisse eigentlich notwendig wäre. Insbesondere bei Maschinen großer Leistung bedeutet dieser von den Verdichtersteuerungen des Standes der Technik vorgeschriebene häufige Leerlaufbetrieb einen immerhin beachtlichen Energiekostenaufwand.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Steuern eines Verdichters und eine entsprechende Steuerungsvorrichtung zu schaffen, die es ermöglichen, unabhängig von der vom Motorenhersteller zugelassenen Motorschalthäufigkeit die aktuelle Verdichterantriebsmotortemperatur als Kriterium für die Wahl zwischen Aussetz- und Durchlaufbetrieb des Verdichters zu bestimmen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch ein Steuerungsverfahren erreicht und eine Steuerungseinrichtung, wie sie in den Patentansprüchen niedergelegt sind.

Demnach besteht das wesentliche Merkmal der Erfin-

dung darin, die im Verdichter-Antriebsmotor tatsächlich herrschende Temperatur abzufragen, woraus der Schluß gezogen wird, ob der Verdichter bei geringem Druckluftbedarf abgeschaltet werden kann, ohne Gefahr zu laufen, daß bei einem kurzfristigen Wiedereinschalten wegen gestiegenen Druckluftbedarfes die zulässige Motortemperatur überschritten wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend den unabhängigen Ansprüchen 1 bis 3 ermöglicht eine optimale Anpassung des Verdichterbetriebes an den Druckluftverbrauch, eine Reduzierung der Inanspruchnahme der installierten Leistung bei reduzierter Luftfördermenge, eine Herabsetzung der Kühlmittelkosten und einen sicheren Überlastungsschutz für den elektrischen Antriebsmotor dadurch, daß aufgrund der Heranziehung des Kriteriums Motortemperatur beim erfindungsgemäßen Verfahren die vom Motorenhersteller vorgegebene zulässige Einschalthäufigkeit auch bei sehr stark schwankendem Druckluftverbrauch niemals überschritten und die Leerlaufzeiten des Verdichters minimiert werden.

Bei der Messung der Motortemperatur wird vorzugsweise eine indirekte Strommeßmethode angewandt, beispielsweise unter Verwendung eines elektronischen Motorschutzrelais. Dieser Methode liegt das Prinzip zugrunde, daß bei einem Motor die Erwärmung aus der im Motor als Verlust umgesetzten Energie folgt. Dabei ist die Erwärmung abhängig von den Kupfer- und Eisenmassen, den Kupfer- und Eisenverlusten, verschiedenen Wärmekapazitäten und Wärmewiderständen, von den Kühlungsverhältnissen bei verschiedenen Betriebsarten und von den eingespeisten Strömen.

Da bei einem Motor bekannter Bauart die bauartbedingten Größen bekannt sind, kann durch Berechnung bzw. Versuch die Erwärmung des Motors als Funktion des Stromes abgeleitet werden. Die Strommessung ist mit einfachen Mitteln in der Zuleitung möglich. Für die motortypische Auswertung sind entsprechende Meßgeräte bekannt.

Die indirekte Strommeßmethode ist mit den derzeit verfügbaren Geräten technisch einfach darstellbar. Im Zuge der Weiterentwicklung der einschlägigen Meßtechnik wird aber auch die Anwendung der direkten Meßmethode, die versuchsweise bereits erprobt wurde, als verlässliche Alternative realisierbar sein.

Da bei dem erfindungsgemäßen Steuerungsverfahren von der Messung der aktuellen Antriebsmotorinnen-temperatur ausgegangen wird, so kann es in diesem Zusammenhang auch vorteilhaft sein, die Motorkühlung vom Verdichter-Motorantrieb unabhängig zu machen und beispielsweise die Motorkühlung nur bei Bedarf zuzuschalten. Dies ergibt eine Leistungersparnis. Andererseits kann man so verfahren, daß die Motorkühlung nach Ausschalten des Verdichterantriebes noch eine Zeitlang weiterläuft, um das Temperaturniveau abzusinken und um auf diese Weise zusätzliche Einschaltungen des Verdichterantriebs zu ermöglichen. Da der Leerlaufbetrieb beim Verdichter immerhin ca. 25% der Vollastleistung erfordert, während der Kühlluftventilator allein jedoch nur wenige Prozente der Verdichterleistung benötigt, ist diese Verfahrensweise energetisch vorteilhaft.

Wenn auch diese Trennung bei einem bekannten Verdichtersteuerungsverfahren grundsätzlich möglich wäre, so hätte dabei der Effekt jedoch nicht benutzt werden können, da bei dem bekannten Verfahren als Abschaltkriterium für den Verdichter nur die vorgegebene Größe "zulässige Antriebsmotor-Schalthäufigkeit" her-

angezogen wird.

Das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren und die Steuerungseinrichtung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Temperatur-Zeit-Schaubild zu den Ansprüchen 1 und 2,

Fig. 2 ein Druck-Zeit-Schaubild zu Anspruch 3,

Fig. 3 ein Temperatur-Zeit-Schaubild zu Anspruch 3,

Fig. 4 ein Blockschaltbild der Steuerungseinrichtung.

Das Schaubild Fig. 1 betrifft die Ansprüche 1 und 2. Auf der Ordinate ist die Antriebsmotortemperatur und auf der Abszisse die Zeit T aufgetragen.

Ausgehend von der Beharrungstemperatur t_N im Lastbetrieb wird bei (1) im Druckluftnetz P_{max} erreicht. Wenn man von dem augenblicklichen Temperaturwert t_{u1} ausgeht, würde sich bei einem kurzfristigen Wiederanlauf des Verdichterantriebs die Motortemperatur zwar um den Betrag t_h erhöhen, t_{max} wird aber noch nicht erreicht. Der Antriebsmotor kann also abgeschaltet werden.

(2) zeigt den Zustand, bei dem im Netz P_{max} erreicht ist, die Motortemperatur aber wegen vorausgegangener Motoreinschaltungen von dem erhöhten Wert t_{u2} aus um einen Betrag t_h ansteigen und damit die maximal zulässige Motortemperatur t_{max} überschreiten würde.

In diesem Fall wird der Verdichterantrieb daher nicht abgeschaltet, sondern läuft im Leerlauf weiter bis $t_u + t_h$ kleiner t_{max} ist.

In Fig. 2 ist auf der Ordinate der Netzdruck aufgetragen und auf der Abszisse die Zeit. Diese Figur und die Fig. 3 verdeutlichen das Steuerungsverfahren nach Anspruch 3.

Bei (3) ist der maximale Netzdruck P_{max} erreicht und aus der anschließenden Druckabfalltendenz von (3) nach (4) wird errechnet, zu welchem Zeitpunkt T_{min} (5) und somit der untere Schaltpunkt P_{min} erreicht wird.

In Fig. 3 ist auf der Ordinate die Motortemperatur und auf der Abszisse die Zeit aufgetragen.

Aus dem Temperaturniveau von (8) und (7) und der Temperaturabfalltendenz wird die Temperatur t_u (8) zum Zeitpunkt T_{min} errechnet. Aus (9), $t_u + t_h$ (t_h = Temperaturanstieg bei Motor-Hochlauf) kleiner t_{max} folgt, daß der Antriebsmotor abgeschaltet werden kann, weil die Maximaltemperatur nicht erreicht wird.

Wäre jedoch $t_u + t_h$ größer t_{max} , würde entsprechend Anspruch 3 des Steuerungsverfahrens der Verdichter im Leerlauf (Durchlaufbetrieb) weiterlaufen.

Fig. 4 zeigt an Hand eines Blockschaltbildes in vereinfachter Form den Aufbau der Steuereinrichtung nach den Ansprüchen 6 und 7.

Die beiden mittleren Blöcke der oberen Reihe (10, 11) symbolisieren für den einfachsten Fall der Steuerung (Anspruch 6) die Geräte zur ständigen Erfassung der Motortemperatur (10) und des Netzdruckes (11). Die von diesen Geräten ausgehenden Signale werden in den Mikroprozessor (14) eingespeist, in den durch einen Eingabeterminal (13), d.h. beispielsweise ein Programmiergerät, die einzuhaltenden Grenzwerte von Temperatur und Druck und die Entscheidungslogiken (Rechenprogramm) eingegeben werden.

Der Mikroprozessor (14) verarbeitet die Meßwerte von (10) und (11) entsprechend den Vorgaben des Eingabeterminals (13) und gibt die daraus folgenden Befehle an die Verdichtersteuerung (15). Die Verdichtersteuerung schaltet über (nicht dargestellte) Schaltgeräte die Last/Leerlaufregelung (16), den Verdichterantriebsmotor (17) und/oder den Kühlluftventilatorantrieb (18).

Bei der aufwendigeren Steuerungseinrichtung (Anspruch 7) werden zusätzlich zu den Signalen der Motortemperatur (10) und des Netzdruckes (11) Signale (12) über den Betriebszustand des Verdichters, insbesondere über Leerlauf oder Stillstand der Verdichteranlage, in den Mikroprozessor (14) eingespeist. Das diesbezügliche Programm wird über den Eingabeterminal (13) eingegeben. Der Mikroprozessor beobachtet die Zusammenhänge zwischen den Verdichter-Betriebszuständen und den Antriebsmotor-Temperaturverläufen, insbesondere das Zeitverhalten der Motortemperaturerhöhung. Der Mikroprozessor (14) speichert dieses unter Soll-Bedingungen ablaufende Verdichterverhalten als Referenzwert und leitet daraus die entsprechenden Entscheidungen für die Verdichtersteuerung (15) ab, nämlich Entscheidungen für das Umschalten in Last, Leerlauf, Stillstand und/oder Kühlluft-Ventilatorantrieb.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Verdichters, bei dem bei wechselndem Druckluftbedarf der Antriebsmotor nach Erreichen des Maximaldruckes p_{max} im Druckluftnetz ausgeschaltet (Aussetzbetrieb) oder der Verdichter in den Leerlauf (Durchlaufbetrieb) geschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Druckluftnetz und die Temperatur des Antriebsmotors vorzugsweise durch indirekte Meßmethode, insbesondere im temperaturkritischen Motorteil, gemessen und einer Auswertung unterzogen werden und daß bei Erreichen des maximalen Netzdruckes p_{max} der Verdichterantriebsmotor ausgeschaltet wird, wenn die Auswertung ergibt, daß die bei kurzfristigem Aus- oder Wiedereinschalten des Verdichterantriebsmotors eintretende Temperaturerhöhung $t_h + t_u$ kleiner t_{max} ergeben wird.
2. Verfahren zum Steuern eines Verdichters, bei dem bei wechselndem Druckluftbedarf der Antriebsmotor nach Erreichen des Maximaldruckes p_{max} im Druckluftnetz ausgeschaltet (Aussetzbetrieb) oder der Verdichter in den Leerlauf (Durchlaufbetrieb) geschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Druckluftnetz und die Temperatur des Antriebsmotors vorzugsweise durch indirekte Meßmethode, insbesondere im temperaturkritischen Motorteil, gemessen und einer Auswertung unterzogen werden und daß bei Erreichen des maximalen Netzdruckes p_{max} der Verdichter in den Leerlauf geschaltet wird, wenn die Auswertung ergibt, daß die bei kurzfristigem Aus- oder Wiedereinschalten des Verdichterantriebsmotors eintretende Temperaturerhöhung $t_h + t_u$ größer t_{max} ergeben wird und daß der Verdichterantriebsmotor erst dann ausgeschaltet wird, wenn die Temperatur des Motors so weit abgesunken ist, daß nach kurzfristigem Wiederanlaufen die maximal zulässige Motortemperatur t_{max} nicht erreicht wird.
3. Verfahren zum Steuern eines Verdichters, bei dem bei wechselndem Druckluftbedarf der Antriebsmotor nach Erreichen des Maximaldruckes p_{max} im Druckluftnetz ausgeschaltet (Aussetzbetrieb) oder der Verdichter in den Leerlauf (Durchlaufbetrieb) geschaltet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Druckluftnetz und die Temperatur des Antriebsmotors vorzugsweise durch indirekte Meßmethode, insbesondere im temperaturkritischen Motorteil, gemessen und einer Auswertung

tung unterzogen werden und daß bei Erreichen des maximalen Netzdruckes der Verdichter zunächst in den Leerlauf geschaltet wird, gleichzeitig die Tendenz des Druckabfalls erfaßt und daraus der Zeitpunkt T_{min} , an dem der untere Druckschalt-
punkt p_{min} erreicht wird, errechnet wird, daß ferner
gleichzeitig die Tendenz des Motortemperaturabfalls erfaßt und die zum Zeitpunkt T_{min} zu erwartende Motortemperatur t_u errechnet wird und aus
den Ergebnissen der Auswertung die Entscheidung
hinsichtlich Durchlaufbetrieb ($t_h + t_u$ größer t_{max})
bzw. Aussetzbetrieb ($t_h + t_u$ kleiner t_{max}) abgeleitet wird.

4. Verfahren zum Steuern eines Verdichters nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
daß die Kühlung des Verdichterantriebsmotors nach Ausschalten des Antriebsmotors noch so lange in Betrieb bleibt, bis die Temperatur des Antriebsmotors auf einen festzulegenden Wert abgesunken ist.

5. Verfahren zum Steuern eines Verdichters nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
daß die Kühlung des Verdichterantriebsmotors unabhängig vom Betrieb des Antriebsmotors, jedoch abhängig von der gemessenen Motortemperatur
zu- bzw. abgeschaltet wird.

6. Verdichtersteuerungseinrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß Geräte (10, 11) zur Erfassung der Verdichterantriebsmotortemperatur
und des Netzdruckes vorgesehen sind, deren Signale zur Verarbeitung in einen Mikroprozessor (14) unter Berücksichtigung der von einem Eingabeterminal (13) programmierten Grenzwerte und Entscheidungslogiken eingespeist werden, wobei der
Mikroprozessor (14) die verarbeiteten Werte als Befehle an die Verdichtersteuerung (15) gibt, die über Schalter die Last-/Leerlaufregelung (16), den Verdichterantriebsmotor (17) und gegebenenfalls den Lüftermotor (18) schaltet.

7. Verdichtersteuerungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Mikroprozessor (14) gleichzeitig über das Eingabeterminal (13) zusätzliche Informationen (12) hinsichtlich des Betriebszustandes des Verdichters, insbesondere über
Last-/Leerlauf oder Stillstand eingespeist werden, wobei der Mikroprozessor (14) die Zusammenhänge zwischen den Betriebszuständen und dem Temperaturverhalten der Motortemperaturerhöhung unter Sollbedingungen als Referenzwert speichert
und über die Verdichtersteuerung (15) entsprechende Befehle zum Schalten (16, 17, 18) erteilt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

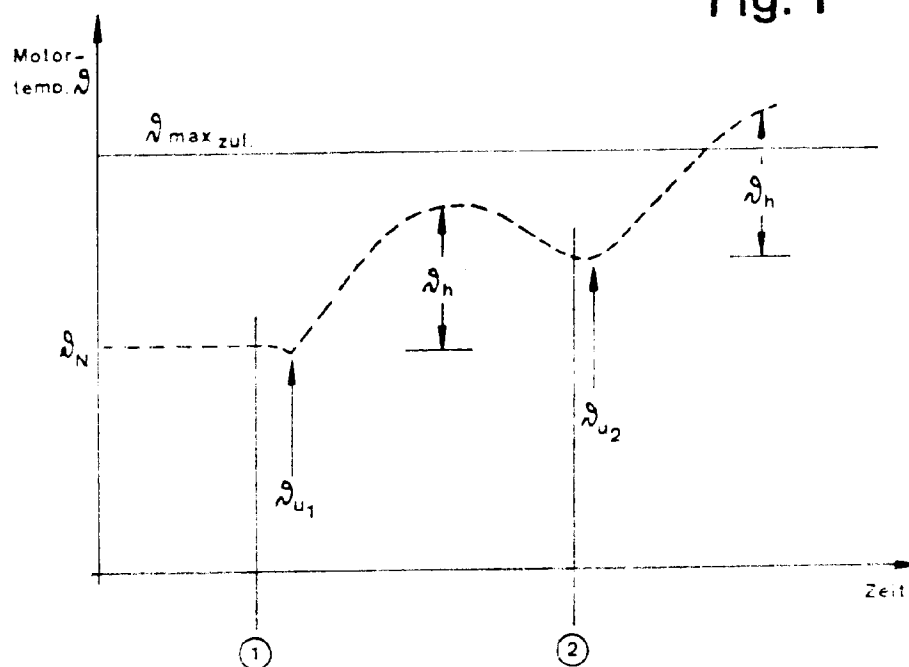


Fig. 2

